

有用矿物工艺学

上 册

M.A. 菲什曼 著

塔拉 等译 彭蕴璉 校

冶金工业出版社

56.838
674
=1

有用矿物工艺学

上册

苏联 M. A. 菲什曼 著

塔拉 等 译 彭蕴璠 校

34501

冶金工业出版社

М. А. Фишман

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Металлургиздат (Москва 1955)

有用矿物工艺学(上册)

塔拉 等译

冶金工业出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

西四印刷厂印 新华书店发行

1959年10月第一版

1959年10月北京第一次印刷

印数 2,012
册 1,512

开本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ 200,000字·印张 $9 \frac{12}{32}$ •

统一书号 15062·1644 定价 1.60 元

本書系根据苏联国立黑色与有色冶金科技書籍出版社 (Металлургиздат) 出版的技术科学副博士菲什曼 (М. А. Фишман) 副教授著的“有用矿物工艺学” (Технология полезных ископаемых) 1955 年修訂再版本譯出。

中譯本分上、中、下三冊出版。上冊包括緒言至第十五章，其內容为有用矿物的物質組成和性質，矿物的破碎和分級，有用矿物的选矿、脫水和收尘，有用矿物的焙燒和燒結。中冊包括第十六章至第二十七章，內容为金屬矿物的工艺过程。下冊包括第二十八章至第三十九章，內容为非金屬矿物的工艺过程，燃料矿物的工艺过程，有用矿物的取样分析和工艺試驗。

此書可供广大的矿业人員使用，也可作为矿冶和地質勘探学院学生的参考書。

原書的評閱者为博士 B. A. 巴茹金教授和工程师 A. B. 特洛依茨基。

此書上冊譯者为曾广誥、塔拉、郑飞、彭蘊璉同志，由彭蘊璉同志統一校訂。

目 录

前言	7
導言	8

第一篇 有用矿物的物質組成与性質

第一章 有用矿物的物質組成及其物理性質的測定	22
§1 有用矿物的物質組成	22
§2 化学成分与矿物成分的測定	23
§3 顆粒成分的測定	24
§4 比重的測定与重力分析	30
§5 磁性測定	34
§6 有用矿物主要物理性質的測定	37

第二篇 有用矿物的破碎与按粒度分离

第二章 有用矿物的破碎与磨碎	45
§7 破碎与磨碎过程的特征	45
§8 破碎过程与磨碎过程的力能学	47
§9 破碎机	49
§10 磨矿机	62
第三章 有用矿物按粒度分离	69
§11 篩分	69
§12 篩子	72
§13 破碎流程与篩分流程	77
§14 分級	81
§15 分級机	82
§16 磨碎流程与分級流程	89

第三篇 有用矿物的选矿

第四章 有用矿物选矿的任务与方法	92
------------------------	----

§17	选矿在有用矿物利用中的作用	92
§18	苏联选矿的发展	94
§19	有用矿物的选矿方法	96
§20	选矿产品与选矿指标	99
第五章	重力选矿法	103
§21	重选过程的理论基础	103
§22	跳汰选矿	105
§23	摇床选矿	112
§24	溜槽选矿	118
§25	洗槽选矿	124
§26	有用矿物的洗选	127
§27	重介质选矿	133
§28	风力选矿	140
第六章	浮选法	145
§29	浮选过程的特征	145
§30	浮选药剂	153
§31	浮选机	166
§32	浮选流程	172
§33	浮选工艺	178
§34	矿物与矿石可浮性的测定	182
第七章	磁选	184
§35	磁选过程	184
§36	磁选机	188
第八章	静电选矿	201
§37	静电选矿过程	201
§38	静电选矿机	202
第九章	各种选矿法	205
§39	手选	205
§40	摩擦选矿	207
§41	其他选矿法	211
第十章	砂矿的选矿	215
§42	概述	215

§43 砂矿的选矿	219
第十一章 矿石集合体的組織与有用矿物的选矿法	226
§44 矿物包裹体的尺寸、形状和稠密度的影响	226
§45 有用矿物構造特性的影响	229

第四篇 有用矿物的脫水与收尘

第十二章 有用矿物的脫水	235
§46 脫水方法的特征	235
§47 粗粒物料与块状物料的脫水	236
§48 濃縮	238
§49 过滤	242
§50 离心设备的脫水	249
§51 干燥	254
第十三章 收尘与除尘	259
§52 矿尘的特性	259
§53 收尘与除尘方法	259

第五篇 有用矿物的焙烧与造块

第十四章 有用矿物的焙燒	272
§54 焙燒的种类及其作用	272
§55 焙燒设备	275
第十五章 有用矿物的造块	283
§56 有用矿物造块的用途	283
§57 燒結	284
§58 制团	287

前 言

本書的任务是：闡述重要有用矿物的处理过程、設備和工艺指标的基本知識，并簡要地說明主要矿物原料的特性和这些原料在国民經济中的使用范围，以及工業上对它們的要求。

目前，在工業和日常生活中已能大量地利用各种有用矿物。处理有用矿物的工艺过程各不相同，并且常常按照非常复杂与不断发展的流程来制定此种工艺过程，因此，在敘述題材上便发生了很大的困难。主要的困难是，如何确定必須研究的有用矿物表，以及將工艺过程与工艺設備敘述到何种詳尽程度。

本書是以作者在莫斯科 M. II. 加里宁有色金屬及貴金屬学院的講义为基础。

对本書的第一版曾作过很大的修改，删掉了一些已經发现的缺点，充实了許多有用矿物和許多工艺流程的内容，書中补充了許多第一版所未加敘述的部分和重要有用矿物的工艺过程。

导 言

人們使用的矿物、矿石和岩石通称为有用矿物。有用矿物是工業的基础，在国民經济中具有重大的意义。有用矿物开采和加工的規模可以算做一国的物質文化、財富、經濟发展和独立自主等的标准。任何国民經济部門都要利用有用矿物或由有用矿物加工而成的产品。从有用矿物生产出的金屬是下列各种工業发展的基础，如：机器制造工業、电气工業、造船、鐵路运输、航空以及其他工業部門。在日用商品生产中也用有用矿物。

矿物燃料（煤，石油）及其加工产品是生产能量的主要源泉。化学工業大部分以使用矿物原料为基础。在建筑業中广泛地利用有用矿物作为主要的建筑材料。沒有矿物肥料不可能发展农業。

用来裝飾房屋，制造艺术品和裝飾品的有色矿石和宝石，在工業与日常生活中起着不小的作用。某些有用矿物还是人的食物的組成部分，以及利用它作为藥品。

苏联在开采与处理有用矿物方面，現在已經佔居世界第一流的地位。苏联共产党第十九次代表大会的決議規定在我国进一步发展有用矿物的开采業。

有用矿物的分类

有用矿物可以是固体的、液体的和气体的。各种有用矿物彼此之間的区别是：物理性質与化学性質、矿物成分、有用成分含量的百分率及其价值、使用范围、处理有用矿物时所采用的工艺过程以及其他特点。

区分有用矿物的标志极多，因而难于使之分类，在分类中也带有某些假定性因素。

从所有各种各样的有用矿物中，可以分出下列最主要的三组：

- 1) 金属有用矿物——矿石，是生产各种金属的原料；
- 2) 非金属有用矿物，包括生产非金属元素和非金属化合物的矿石，以及做建筑材料、陶瓷材料、磨料和其他材料用的岩石；
- 3) 可燃矿物，以自然形态或加工过的形态用作燃料，或是用作化学原料。

凡是在现代技术加工条件下，根据埋藏条件和天然性能可从其中生产出对国民经济相当有利的金属、矿物或化合物的天然有用矿物，都叫做矿石。

有时，矿石的概念只是指能从其中生产出金属的有用矿物。更正确一些，是把这一概念扩大，而认为生产金属与非金属元素及其化合物时当作原料用的有用矿物，全都是矿石。

只有为了满足需要而专门开采的岩石，才算作有用矿物。

金属有用矿物是生产下列各种金属的原料，即：黑色金属（铁、锰、铬）；有色金属（铜、镍、铅、锌、铝、镁）；稀有金属（锡、钨、钼、铌、锶、锑、砷、汞、钒、钴、铀、钽、锆及其他）；贵金属（金、银、铂）和放射性金属（铀、镭、钍及其他）。

在国民经济各个部门中都使用黑色金属及其合金（生铁与钢），来生产各种各样的设备、机器、机床、各种工具、建筑结构和日常用品。

有色金属及其合金对于发展电气工业、航空、造船、机器制造和其他工业部门，有着巨大的作用。

稀有金屬对于冶金工業、机器制造工業和化学工業，有着很大的意义。在熔煉各种合金时，加入少量的此种稀有金屬能使合金具有良好的性能：彈性、硬度、韌性、化学穩定性和耐热性等。

貴金屬主要是在用作貨幣的方面具有重大意义。在鑲牙和首飾工業中也使用一部分貴金屬。鉑族金屬（鉑、銦、銻、鈀）由于本身具有化学穩定性、很高的导电率和难熔性，而被用于化学工業部門、电气工業以及其他工業部門。

放射性金屬及其发射气体在科学研究、医学和电气工程上有着很大的作用。近来，有一些放射性金屬已被开始用来生产新的能量——原子能。

非金屬有用矿物用于各种各样的国民經济部門中。其中包括：化学工業与农業的原料——食鹽、硫、黃鉄矿、重晶石、毒重石、螢石、鉀鹽、磷灰石、磷鈣石；造紙工業、橡膠工業和其他工業部門的填料——滑石、重晶石、高嶺土、石墨、白堊、有色粘土、斑脫土、漂白土、閃石-石棉；磨料工業的原料——金剛石、剛玉、金剛砂、石榴石、石英砂、砂岩、浮石、硅藻土、鋁矾土；絕緣材料——石棉、云母、硅藻土、滑石、大理石；首飾工業与精密仪器工業的原料——金剛石、紅宝石、黃玉、純綠宝石、軟玉、孔雀石以及其他貴重的与有色的宝石。属于非金屬有用矿物的还有：天然耐火材料与天然耐酸材料——滑石、中長石、耐酸土、閃石-石棉；天然的石質建筑材料与筑路材料——火成岩与变質岩、石灰石、白云石、砂岩、石英岩、礫岩、礫石、砂；粘合建筑材料的原料——泥灰土、石灰石、石膏、酃、粘土、菱鎂矿、板狀硅藻土、鋁矾土；陶瓷材料与耐火材料的原料——耐火土与陶磁土、高嶺土、長石、石英、石英岩、石英砂、板狀硅藻土、菱鎂矿、白

云石、石棉、螢石、石墨。

在許多情況下，也可以从非金屬有用礦物中获得金屬。例如：从制造氯化鉀的原料——光鹵石中，可以获得金屬鎂。相反，从金屬有用礦物中也可以获得非金屬。例如，从銅礦石中除能获得銅以外，还能获得硫。

可燃礦物——煤、石油、泥炭、可燃頁岩和煤氣——是所有現代工業与技術的基础，因为它是主要的能量源泉。世界上达90%的热能是由地下开采出的燃料来供給的。

可燃有用礦物也是許多有价值的化学产物的生产原料。

关于有用礦物的矿床概念

矿床是局部的地壳在地質作用的影响下发生有用礦物聚集而成的，也就是說，矿床是获得有用礦物的源泉。

矿床分为**原生矿床**(脈矿床)与**冲积矿床**(砂矿床)，原生矿床埋藏在最初生成的地方，而冲积矿床則是原生矿床受到破坏而形成的。原生矿床的特征是：有用礦物生成致密的單成岩，与圍岩結合得很牢固，常常是埋藏在地表以下很深的地方。冲积矿床是疏松的或者粘結得不紧的沉积物，其中含有單体的有用礦物顆粒，而且埋藏得不深，或者就在地表面。

岩石按其本身的成因可以分为：1)**火成岩**(岩漿岩)；2)**水成岩**；3)**變質岩**(變形岩)。

火成岩由熔融物質(岩漿)凝固而成。根据向地面流出的条件，火成岩分为：侵入火成岩(深成岩)，噴出火成岩(噴出岩)和脈狀火成岩。

侵入火成岩是由地球內部噴出时未能达到地面，而在巨大的压力下，在地壳中某种深处慢慢凝固而成。噴出岩是直接噴出在地面上，在普通压力下凝固而成的。脈狀岩是佔据中間的

位置，并在离地面很近的地方填满裂缝呈脉状而凝固的。

水成岩是矿粒在水中沉淀而形成的。

变质岩是侵入岩与水成岩受到高温、高压和化学过程的作用而形成的。

矿床可以分为深成作用与地表作用所生成的矿床。深成作用生成的矿床有：1)岩浆矿床；2)热液矿床；3)接触矿床。属于地表作用生成的矿床有：1)风化矿床；2)水成矿床。

岩浆矿床是由岩浆熔融物中沉淀出来的金属矿物所形成的。热液矿床是由地壳深处升起的热矿化溶液所形成的。接触矿床是由岩浆熔融物分出的挥发物对围岩发生作用而形成的。

风化矿床，是由于岩石在水与风的作用下遭到机械的与化学的破坏而形成的。岩石风化的产物可能直接聚积在原生成的地方，也可能聚积在离原生岩有某种距离的地方。

属于风化矿床的有：砂矿床、残余矿床和富集矿床。

砂矿床是重矿物碎块与坚实矿物碎块的堆积。砂矿床可能就沉积在原生岩露头附近，也可能由于水流的作用（河流，小溪）而被搬运到离原生岩很远的地方。残余矿床是由化学安定性很高和不易破坏的矿物生成，是其他可溶物质被流水带走以后的残余物。富集矿床是由易溶解的矿物形成。这些易溶解的矿物变成溶液之后，往往被携带到离原生岩（易溶解的矿物即由此种原生岩中浸析而出）很远的地方，而在适于使它富集的地方重新沉积。

沉积矿床是大海与湖泊中 useful 矿物的沉积物，此种沉积物是因矿物与有机物质发生沉积作用和化学作用而生成的。

岩石与矿床在高温高压的作用下会起变化，结果会改变其成分与构造，而生成能在新条件下耐高压高温的矿物。这种岩石与矿床称为变质岩与变质矿床。

在自然界，很少遇到以純淨的天然形态而存在的金屬和非金屬元素。大部分都以化合物——矿物——出現。通常把有用矿物称为**金屬矿物**。金屬矿物几乎經常与其他一些沒有工業价值的矿物混雜在一起。这些共生矿物叫做**脈石矿物**或**非金屬矿物**。

矿石或岩石通常是由一种或数种金屬矿物同一种或数种脈石矿物所組成的混合物。

矿物中分有硫化物、硫酸鹽、氧化物、碳酸鹽、硅酸鹽及其他化合物。矿物相互之間不仅是化学成分不同，而且各种物理性質也有区别，如：硬度、顏色、光澤、比重、磁导率、电导率及其他。

圍繞着有用矿物而又不含有用成分的岩石称为**圍岩**或**脈石**。有用矿物与脈石之間的界綫是有条件性的，它由有用矿物最低工業含量来确定，而有用矿物最低工業含量取决于一系列的經濟因素与技术因素。

有用矿物以不同的形狀埋藏在矿床中：矿层、层狀矿体、矿脈、岩牆、矿瘤、矿巢、扁豆狀矿体、腎狀矿体。

矿层是岩石的一种产狀，它局限在兩层大約平行的平面中。各个矿层的接触平面称为层面。假如在平行的成层岩的厚度內，有几层都是相同的有用矿物，那末它們便成为**岩系**。

紧贴着有用矿物层的其它岩层称为**圍岩**。直接垫着有用矿物层的底岩层称为**底板**，而直接盖着有用矿物层的頂岩层称为**頂板**。在該矿层以上的各岩层总体称为**上盘**，在下面的則称为**矿层的下盘**。

在底板与頂板之間垂直測出的层理的距离，称为**矿层厚度**。

在地壳中充有矿物質的裂縫称为**矿脈**。在矿脈和矿层中，

都有上盤與下盤；礦脈也是以厚度來表示的。礦脈的厚度通常是不一定的。

礦瘤、礦巢和扁豆狀礦體是地殼中充滿礦物質的形狀不規則的洞穴，它們在大小上有所區別。

礦瘤是向一個方向延伸，其長度通常可達數百公尺。礦巢在各個面的大小幾乎相同。

由於地殼中發生的造山作用而使原生岩石受到一系列的破壞：1)當地殼作側向運動時所發生的**水平褶皺**（背斜褶皺和向斜褶皺）；2)當地殼作垂直運動時所引起的**垂直斷層**。

借產狀要素——走向與傾斜——可判斷具有大致正確形狀的礦體的位置。

礦層延伸的長度稱為**走向**。礦層的傾斜面與水平面相交的綫，稱為**走向綫**。在礦層面上與走向綫垂直的綫，稱為**傾斜綫**。礦層面與水平面以度數表示出的傾角，稱為**傾斜**。

走向綫與地磁子午綫所形成的角度表示礦層的走向。

有用礦物的普查與勘探

有用礦物的普查與勘探應在開采之前進行。

在着手開采有用礦物之前，即從地球內部提取有用礦物之前，必須找到這個礦床，並闡明它的工業價值。以找到有用礦物礦床為目的的工作，稱為**普查**。為了確定有用礦物的各種產狀、數量和質量以及采礦技術條件而進行的工作稱為**勘探**。

勘探工作是以各種地質方法和地球物理方法來實現的。借助於坑道（探槽、小圓井、淺井等）和鑽井來勘探的，則屬於地質勘探方法。

地球物理勘探的方法是以岩石的各種物理性質、磁導率、電導率、密度、彈性、熱效應等因素的差異為基礎。

勘探是一个很長的过程，它从发现矿床时起，一直到开采完矿床为止。勘探分为初步勘探、詳細勘探与生产勘探。

初步勘探是提供有关矿床的概略資料，如：查明矿床的可能大小、矿物質量；断定进一步投資研究矿床的合理性。**詳細勘探**是确定矿体的产狀、埋藏量、埋藏量空間分布与有用矿物的質量，以便規定矿床的規模和編制矿床开采設計。**生产勘探**是确定采矿工作的方向。它的任务中，还包括勘探以往不知道的，但在开采过程中被采矿工作所查明的矿体。

有用矿物的質量是以下列几个因素来表示的：其中各种組分(通常指被回收的主要組分与影响技术操作的組分)的品位、矿物成分、物理性質及化学性質。

矿床中有用矿物的数量称为矿床的儲量，此数量主要是以生成矿床的矿体大小与形狀来确定。

根据对于矿山探明程度、坑道数量和性質、对地質構造闡明的程度、对有用矿物成分、性質及其处理工艺过程的研究程度，可以把矿床儲量分成 A、B、C 三級。

A 級又分为 A_1 与 A_2 ，C 級分为 C_1 与 C_2 ，B 級不再細分。

从技术研究的观点來說，儲量等級的表示方法如下：

屬於 **A 級** 的有用矿物儲量，其自然类型与工艺特性都已相当充分地研究过。

算作 A_1 級的矿床儲量，其各种矿石的質量和对該矿石的加工技术，都应当在工業範圍內研究过。对于 A_2 級儲量來說，应当用总的平均典型試样在半工業範圍中研究有用矿物的質量及其加工技术。

自然类型与工業品級已被查明的有用矿物儲量屬於 **B 級**。有用矿物的工業品級是在預先拟定工艺过程的基础上，根据該种有用矿物在工業中利用的可能性而定。

算作 B 級的矿床儲量，除了要求进行化学分析与矿物分析以外，还要求用典型試样进行有用矿物物質組成及其处理工艺的实验室研究。

属于 C 級的有用矿物儲量，其質量是按照个别試样来确定的，而且在不会引起疑問的情况下，可以根据类似的探明矿床的有用矿物来推断。有用矿物的处理工艺过程则是根据有用矿物的成分和处理相似原料的經驗来决定。算作 C₁ 級的儲量，要求研究少量从矿床取出的試样，再根据这个試样进行計算；对于 C₂ 級的儲量，只要求有地質資料，对于新矿区和新矿床也只要求进行有用矿物試样的單元試驗。

矿床在工業上是否可以利用，不仅要根据其中有用成分的含量及其价值来决定，而且还要考虑下列各种条件，即：有用矿物的儲量、矿床的地理位置、开采条件、有用矿物开采技术与加工技术的水平以及其他許多技术、經濟和政治因素。所有这些因素的总合，决定着矿床的工業价值。

对矿床的工業評價，可以根据确定其工業价值的各項条件（有用矿物的开采技术与加工技术的发展，运输及供电条件的改变，綜合利用有用矿物中其他成分的可能性，国家的經濟与政治的发展）的变化而改变。

在革命以前，我国有用矿物的普查工作几乎都是交給私人去做，这种情况在开发矿产財富上起过很大的作用。

現在，普查和勘探是在地質科学的基础上采用最新方法按照一定的計劃来进行的。

在苏联政权的年代里，我国的学者們曾发现与勘探出千百种金屬与非金屬有用矿物的矿床，因而不可計量地增加了我国各个老工業地区的儲量。

現在，苏联拥有龐大的有用矿物探明儲量的基地，这种龐